

第十三章使用说明

13.0 功能号

- 1: 一般 NURBS 曲线;
- 10: 一般 NURBS 曲面。

13.1 曲线类型选择

13.1.1 一般 NURBS 曲线

单击菜单“曲线类型选择→一般 NURBS 曲线”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单，选择其一，譬如选择“鼠标输入控制顶点”后，即可用鼠标输入控制顶点。输入点数不受限制，输入完毕，右击退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子。”逐个在弹出的“输入权因子”对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出“输入次数”对话框，输入次数后，按“确定”按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省节点矢量的一条 NURBS 曲线。

若在前选择键盘输入控制顶点，会弹出输入点坐标对话框，即可用键盘输入。输入完后，按“结束”按钮退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子。”逐个在弹出的输入权因子对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出输入次数对话框，输入次数后，按“确定”按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省的准均匀节点矢量类型下的一条 NURBS 曲线。

曲线两端点之一画有红色箭头者为曲线始点，箭头方向表示曲线在始点的切线方向。在屏幕的中下方并数值显示各控制顶点的权因子值。

13.2 曲线属性操作

13.2.1 修改控制顶点和权因子

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出“输入待修改顶点序号”对话框，输入序号退出后，即弹出修改控制顶点和权因子对话框，编辑框中显示指定序号顶点的当前坐标与权因子，顶点序号不要改变，用户可以或改变控制顶点或改变权因子，也可两者同时改变，输入退出后，即生成并显示形状相应发生改变的 NURBS 曲线。

13.2.2 改变权因子

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出“WI 滑块控件”对话框，其中编辑框和滑块显示的是上次修改的顶点权因子值，若是首次修改，则是缺省顶点权因子值。用户可改取任一顶点，改变编辑框中的权因子值或移动滑块改变该顶点的权因子，按“确定”按钮退出后，即生成并显示该顶点在所取权因子下的 NURBS。移动滑块修改的好处是，移动滑块的同时编辑框中的权因子值实时发生变化，但反之改变编辑框中的权因子值，滑块位置不能发生相应改变，需到下次打开该对话框时才能见到滑块位置发生的相应改变。滑块移动范围限制在 $[-5, 5]$ 之间。如果希望超出该范围，则可改选“修改控制顶点和权因子”菜单项。

13.2.3 改变次数

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出“输入 NURBS 曲线次数”对话框，编辑框中显示的是当前曲线次数，输入新的次数，按“确定”按钮退出，即生成并显

示输入次数下形状发生改变的 NURBS 曲线。

13.2.4 改变曲线类型

单击菜单项，弹出“曲线类型”对话框，首次显示缺省曲线类型的准均匀 NURBS 样条曲线。再次显示则是当前所用的曲线类型。开曲线可选择五种类型中任何一种，闭曲线限选均匀 NURBS 样条曲线或一般非均匀 NURBS 样条曲线(哈特利-贾德方法)。选定后，按“确定”按钮退出，即生成并显示修改曲线类型后的 NURBS 样条曲线。

13.2.5 计算显示曲线上点与导矢

单击菜单项，弹出“输入参数值与导矢阶数”对话框，输入后退出，即显示所取参数的曲线的那点，并显示所取导矢阶数的曲线导矢及其坐标分量值。

特别地，若输入的参数值 u 为内节点值，则将会弹出“内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左导矢”，则输出左导矢。左右导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于次数、节点重复度与导矢阶数。

13.2.6 显示曲率

单击菜单项，即在屏幕右下部显示当前曲线随参数变化的相对曲率图。

13.2.7 返回原 NURBS 曲线

在生成显示一般 NURBS 曲线情况下，可能因属性操作改变了形状或显示，单击菜单项，可返回初始生成的 NURBS 曲线。

13.3 曲面类型选择

13.3.1 一般 NURBS 曲面

单击菜单“曲面类型选择→一般 NURBS 曲面”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单：，选择其一，都会弹出“输入两参数方向的控制顶点数”对话框。输入两顶点数后，若在前选择“鼠标输入控制顶点”，即可用鼠标输入控制顶点。若在前选择“键盘输入控制顶点”，会弹出“输入点坐标”对话框，即可用键盘输入。输入完控制顶点后，会依次弹出“输入曲面权因子”对话框，两个序号编辑框不要改变，直接在权因子编辑框中输入所希望的该序号权因子值。逐个权因子输入完毕后，将弹出“输入 u 、 v 参数次数”对话框，输入完退出后，即生成并显示在缺省的准均匀节点矢量类型下的 NURBS 曲面。第四视区并显示两个参数方向的节点矢量，还数值显示各控制顶点的权因子值。

13.4 曲面属性操作

13.4.1 修改曲面控制顶点与权因子

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入待修改曲面顶点序号”对话框，输入完序号后退出，又弹出“修改曲面控制顶点与权因子”对话框，显示所取序号那个顶点的三坐标及权因子，左边两序号编辑框不要改动，可修改三坐标或权因子，也可同时修改两者，修改完后退出，即生成并显示形状发生了改变的 NURBS 曲面。

13.4.2 修改曲面次数

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入 u 、 v 参数次数”对话框，编辑框中显示的是当前次数，输入新次数后退出，即生成并显示所取次数与其他定义数据不变下形状发生了改变的 NURBS 曲面。

13.4.3 改变曲面类型

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“选择 u 、 v 向曲面类型”对话框，编辑框中显示的是当前 u 、 v 向曲面类型，若是首次单击菜单项，这当前 u 、 v 向曲面类型即缺省的准均匀曲面类型，可输入新类型后按“确定”按钮退出，即生成并显示所取类型次数与其他定义数据不变下形状发生了改变的 NURBS 曲面。

13.4.4 计算显示/隐藏曲面上点与偏导矢

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入两参数与偏导矢阶数”对话框，输入完成后退出，即生成并显示所取两参数决定的曲面上一点及附着在该点的关于两参数偏导阶数的一个偏导矢，在三视图第四视区右下方并数值显示该偏导矢的坐标值。关于两参数的单向偏导矢可计算显示任意阶数的。但混合偏导矢只能计算显示二阶的，高于二阶的暂不能计算显示。

在显示曲面偏导矢后，若再次单击菜单项，则显示隐藏或者说消失。

特别地，若输入的两个参数值之一的 U 参数值，为 U 内节点值，另一个 V 参数值非 V 内节点值，则将会弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 u 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 u 偏导矢”，则输出左 u 偏导矢。左右 u 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 U 参数次数、该 U 内节点重复度与 u 偏导矢阶数。类似地若输入的两个参数值之一的 V 参数值，为 V 内节点值，另一个 U 参数值非 U 内节点值，则将会弹出“ V 内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 v 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 v 偏导矢”，则输出左 v 偏导矢。左右 v 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 V 参数次数、该 V 内节点重复度与 v 偏导矢阶数。若输入的 U 、 V 两个参数值分别是 U 、 V 内节点值，则将先弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，后弹出“ V 内节点值导矢选择”对话框，将有四种选择组合，计算输出将是右 u 右 v 、左 u 左 v 、右 u 左 v 、左 u 右 v 四种偏导矢之一。

13.4.5 NURBS 曲面的基本几何算法

13.4.5.1 NURBS 曲面的节点（插入）细化

在显示曲面三视图情况下，单击菜单项，弹出“选择鼠标输入 U 、 V 值序列”或“键盘输入 U 、 V 值序列”的次级菜单。若选前者，则可用鼠标分别在第四象限的用节点值与重复度表示的 U 、 V 节点矢量轴上点取要插入的 U 、 V 值，应先 U 后 V 。每点一个值，会弹出“输入重复插入同一节点的次数”对话框，输入后，按“确定”按钮退出。再点下一个值，直至在一个轴上点完要插入的值后，还应最后任点一个与前不同的、又与端节点不同的值，在弹出的输入重复插入同一节点的次数对话框的编辑框中显示的次数是 0，不要改动，直接按“确定”按钮，则完成该轴上节点细化的输入过程。若选“键盘输入 U 、 V 值序列”，则会先“弹出输入 u 值”对话框，输入后按“确定”按钮退出，又弹出“输入重复插入同一节点的次数”对话框，输入该 u 值的插入次数后，按“确定”按钮退出。又再弹出“输入 u 值”对话框，输入下一个 u 值，……，直至输完要插入的全部 u 值后，在弹出的“输入 u 值”对话框，任意输一个与前不同的、又与端节点不同 u 值，又在弹出“输入重复插入同一节点的次数”对话框，直接按“确定”按钮，完成 u 值的输入过程。

在输入 u 值序列后，会弹出消息框“ u 值序列已输入完毕，请输入 v 值序列。”或“ u 参数方向确定不细化，请输入 v 值序列。”按“确定”按钮退出即可。

然后，再在弹出的“输入 v 值”对话框，类似输入 u 值那样进行，输完要插入的全部 v 值，在弹出的“输入 v 值”对话框，任意输一个与前不同的 v 值，又在弹出“输入重复插入同一节点的次数”对话框，直接按“确定”按钮，完成 v 值的输入过程。

在输入 v 值序列后, 会弹出消息框 “ u 、 v 值序列都已输入完毕, 将进入细化计算。” 或 “ v 参数方向确定不细化, 将进入细化计算。” 必须双击 “确定” 按钮退出。在两个参数方向都不细化情况下, 将弹出消息框 “ u 、 v 两个参数方向都不细化。” 单击或双击 “确定” 按钮都可。

随后, 即用不同颜色显示节点细化生成的新控制顶点与控制网格。当然, 若 u 、 v 两个参数方向都不细化, 就没有细化生成的新控制顶点与控制网格可显示, 屏幕显示不变。

还可点返回原 NURBS 曲面, 再次进行新的 NURBS 曲面的节点细化。

13.4.5.2 NURBS 曲面的一般分割

在显示曲面三视图情况下, 单击菜单项, 弹出输入两对参数值对话框, 输入 $u1, u2, v1, v2$, 应使 $0 \leq u1 < u2 \leq 1$, $0 \leq v1 < v2 \leq 1$ 。 $u1, u2, v1, v2$ 即界定了单位正方形参数域 $(u, v) \in [0, 1] \times [0, 1]$ 内一子矩形域。相应得到 NURBS 曲面上定义在这一子矩形域上的子 NURBS 曲面。按 “确定” 按钮退出后, 即用不同颜色显示这一子 NURBS 曲面及其控制顶点与控制网格。可通过点击显示投影图及进行放大、缩小、左旋、右选、上旋、下旋与还原等各种视图操作, 获得更清楚的显示。

13.4.5.3 NURBS 曲面的升阶

在显示曲面三视图情况下, 单击菜单项, 弹出 “输入曲面升阶选择” 对话框, 其中有两个小正方形的复选按钮, 可勾选其中一个或两个都选上。按 “确定” 按钮退出, 即用不同颜色显示出升阶后的控制顶点与控制网格, 并显示升阶后两个参数方向的节点矢量。也可通过点击显示投影图及进行放大、缩小、左旋、右选、上旋、下旋与还原等各种视图操作, 获得更清楚的显示。

同样地, 在数学上, 曲面升阶过程是严格精确的过程。

曲面升阶也可多次进行下去, 生成的控制顶点与控制网格将越来越靠近曲面。

13.4.5.4 NURBS 曲面的降阶

在显示曲面三视图情况下, 单击菜单项, 弹出 “输入曲面降阶选择” 对话框, 其中有两个小正方形的复选按钮, 可勾选其中一个或两个都选上。按 “确定” 按钮退出, 即用不同颜色显示出降阶后的控制顶点与控制网格, 并显示降阶后两个参数方向的节点矢量。也可通过单击显示投影图及进行放大、缩小、左旋、右选、上旋、下旋与还原等各种视图操作, 获得更清楚的显示。

NURBS 曲面的降阶是 NURBS 曲线降阶的推广或多次应用, 因采用求广义逆法得到 NURBS 降阶后的控制顶点一般地不插值首末顶点, 程序中强制使其插值首末顶点, 这保证了降阶 NURBS 曲面插值控制网格的四角顶点。

一般地, 曲面降阶是近似的。特殊地, 当曲面沿某个参数方向的次数即名义次数高于其实际次数, 则从名义次数到实际次数的降阶过程, 在数学上似应属精确降阶, 先升阶后降阶就属于这样的情况, 然有可能因降阶算法引入误差仅得到近似降阶。

曲面沿任一个参数方向的降阶也可多次进行下去, 直到降到一次为止。

抱歉, 因计算两 NURBS 曲面偏差的程序尚存问题, 计算并显示降阶曲面与原曲面间偏差部分功能暂不能用。

13.4.6 NURBS 曲面形状修改

13.4.6.1 曲面反插节点

在显示曲面三视图情况下, 单击菜单项, 弹出提示信息 “请用鼠标在主视图或俯视图指定控制网格某边上一点, 按左键输入。输入成功后, 再按左键一次, 给出反插结果。” 按提示操作, 用鼠标在主视图或俯视图指定控制网格某边上一点, 单击输入。如果在指定点处画

出一个小正方形，表示输入成功。否则会给出出错信息，并要求再次单击该菜单项，重新指定。如果输入成功，再按鼠标左键一次，即进行反插节点计算，包括：判断指定点是在 u 向网格边上，还是在 v 向网格边上。如是在 u 向网格边上，会计算出反插的 u 向节点值。然后将该 u 向节点值插入 u 向节点矢量，相应 u 向所有排顶点都在同序号网格边上均增加一个新顶点。如是在 v 向网格边上，会计算出反插的 v 向节点值。然后将该 v 向节点值插入 v 向节点矢量，相应 v 向所有排顶点都在同序号网格边上均增加一个新顶点。并给出反插结果的显示：反插节点后的控制顶点、控制网格与节点矢量。现在新增的顶点与其他顶点一样可以进行拖动。

可见，曲面反插节点操作虽然简单，但内部却包括了一系列计算。

曲面反插节点可以多次进行。

13.4.6.2 重新确定曲面权因子

在显示曲面三视图情况下，单击菜单项，弹出提示信息“请输入曲面的一对参数以指定曲面上初始点和要将该点拉向或推离的那个控制顶点及初始点沿连线移动到达目标点距离。输入成功后，按一下鼠标左键，给出结果显示。”按提示信息框的“确定”按钮，随即弹出“重新确定曲面权因子”的输入对话框，输入后，将在三视图上用红色小正方形显示输入初始点、要将初始点拉向或推离到那个控制顶点以及初始点要移动到达的目标点位置，都位于红色连线上。按提示，单击，即进行重新确定曲面权因子的计算，并显示在新权因子下，初始点到达目标点位置时形状发生了改变的曲面。

重新确定曲面权因子可以多次进行。

13.4.6.3 重新定位曲面控制顶点

在显示曲面三视图情况下，单击菜单项，弹出提示信息“请在主视图或俯视图区用鼠标点取一控制顶点，按左键输入，得到曲面上对应于该顶点的结点参数值的一点即初始点。再在其连线上选取一目标点。然后，每击鼠标左键一次，重定位顶点与曲线移动一个步长，共击十次。”按提示信息框的“确定”按钮后，即可用鼠标点取一控制顶点，单击输入，得到曲面上对应于该顶点的结点参数值的一点即初始点，用红色小正方形标记，并画出从点取的控制顶点到该初始点的红色连线。再在其连线上选取一目标点，也可在其未画出的延长线上选取一目标点。此目标点就是在重新定位曲面控制顶点后曲面初始点要到达的位置。若点取和输入不成功，会给出重新单击菜单项的信息提示。点取和输入成功后，每单击鼠标一次，重定位顶点与曲线移动一个步长，共击十次。此时原来点取的初始顶点就到达目标顶点位置，曲线形状随之发生改变，直至到达曲面目标点为止。

重新定位曲面控制顶点可以多次进行。

13.4.7 显示投影图

在显示曲面三视图情况下，单击菜单项，将该改为显示曲面投影图，从而可进行视图与工具栏工具按钮操作。

13.4.8 返回三视图

在显示投影图情况下，单击菜单项，将返回显示三视图。

13.4.9 返回原 NURBS 曲面

单击菜单项，将因进行节点细化、分割、升阶、降阶等基本几何算法的曲面属性操作而使屏幕显示发生改变的状态又恢复到原来状态，即返回到最初由鼠标或键盘输入时生成的曲面。

13.5 视图与工具栏工具按钮操作

在显示曲面投影图情况下，单击顶层菜单中“视图”，弹出次级菜单，包含放大、缩小、还原，左旋、右旋、上旋、下旋共七项操作，将分别使图形放大、缩小、还原、向左旋转、向右旋转、向上旋转、向下旋转。工具栏按钮中带“+”“-”及空白放大镜按钮分别表示放大、缩小、还原。左箭头、右箭头、上箭头、下箭头分别表示左旋、右旋、上旋、下旋，与视图菜单七个操作有同样的功能。

13.6 鼠标拖动顶点实时修改曲线或曲面形状

在显示一般 NURBS 曲线或一般 NURBS 曲面投影图的情况下，可用鼠标指到某个要移动的控制顶点，按住左键不放，移动鼠标同时该控制顶点跟随移动，曲线或曲面形状随之发生实时改变，至希望到达的位置松开鼠标，即得该控制顶点在新位置下改变了的一般 NURBS 曲线或一般 NURBS 曲面。

13.7 右键菜单操作

对于生成的 NURBS 曲线曲面，除可直接用鼠标拖动控制顶点修改曲线曲面外，还可以移动鼠标指到某个控制顶点，单击，所指顶点改变颜色，表示选中，右击，弹出右键菜单，点击唯一的菜单项“修改顶点与权因子”，对于曲线将弹出“修改顶点与权因子”对话框，对话框的各编辑框中显示的依次是：所选中顶点序号，顶点的 x 、 y 两坐标及其权因子。可对控制顶点两坐标与权因子进行修改操作，按“确定”按钮退出，相应地曲线发生改变；对于曲面将弹出“修改顶点与权因子”对话框，对话框的各编辑框中显示的依次是：所选中顶点两个方向序号，顶点的 x 、 y 、 z 三坐标及其权因子。可对控制顶点三坐标与权因子进行修改操作，按“确定”按钮退出，相应地曲面发生改变。